

BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

DE 00/1981

PRIORITY
DOCUMENTSUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

REC'D 11 SEP 2000

WIPO

PCT

4

Prioritätsbescheinigung über die Einreichung
einer Patentanmeldung

Aktenzeichen: 199 29 572.7

Anmeldetag: 22. Juni 1999

Anmelder/Inhaber: Siemens AG, München/DE

Bezeichnung: Magnetischer Linearantrieb

IPC: H 01 F, H 01 H

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 28. August 2000
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident
Im Auftrag

Agurks

Beschreibung

Magnetischer Linearantrieb

5 Die Erfindung bezieht sich auf einen magnetischen Linearantrieb, insbesondere für einen elektrischen Schalter mit einer mit einem Strom beaufschlagbaren Spule, in deren Innerem durch den Strom in einer Axialrichtung ein magnetischer Fluß erzeugbar ist.

10

Ein derartiger magnetischer Linearantrieb ist beispielsweise aus der GB 10 68 610 bekannt. Bei dem dort beschriebenen Antrieb handelt es sich um einen Antrieb für ein Ventil, bei dem mittels der Bewegung eines Ankers ein Flüssigkeitskanal
15 abgesperrt oder geöffnet wird.

Der Anker weist dort einen Permanentmagneten auf, dessen magnetischer Fluß in seinem Inneren in der Bewegungsrichtung des Ankers und senkrecht zu der Axialrichtung ausgerichtet
20 ist.

In seinen Endstellungen fährt der Anker jeweils gegen mechanische Anschläge derart, daß jeweils ein Pol des Dauermagneten mit dem Anschlag in Berührung kommt und daß durch die magnetische Wirkung des Dauermagneten dieser an dem Anschlag
25 gehalten wird.

Wird die Spule mit einem Strom beaufschlagt, so muß die magnetische Wirkung des Stroms zunächst die Haltekraft des Permanentmagneten am Anschlag überwinden. Dies äußert sich in
30 einer Verzögerung der Ankerbeschleunigung. Außerdem wird der Anker bei seiner Bewegung zu einer Endstellung hin erst unmittelbar vor Erreichen des Anschlages zum Anschlag gezogen,

da der zwischen dem Pol des Permanentmagneten und der Anschlagfläche befindliche Luftspalt erst zum Ende der Bewegung hin genügend verkleinert ist.

- 5 Demgegenüber liegt der vorliegenden Erfindung die Aufgabe zugrunde, einen magnetischen Linearantrieb der eingangs genannten Art zu schaffen, der eine unverzögerte Beschleunigung des Ankers bei geringem konstruktivem Aufwand und geringem Steuerungsaufwand erreicht.

10

- Die Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß der magnetische Linearantrieb, mit einem Anker versehen ist, der ausschließlich senkrecht zu der Axialrichtung beweglich ist und der einen magnetisch aktiven Teil aufweist, dessen Bewegungsbahn durch einen Luftspalt innerhalb eines die Spule durchsetzenden Kernes hindurch oder an einer Stirnseite des Kernes vorbeiführt, wobei der magnetisch aktive Teil unmagnetisiert ist oder derart magnetisiert ist, daß der magnetische Fluß innerhalb des magnetisch aktiven Teils parallel oder antiparallel zu der Axialrichtung verläuft.
- 15
- 20

- Wird die Spule mit einem Strom beaufschlagt, so wird in ihrem Inneren in der Axialrichtung ein magnetischer Fluß erzeugt, der innerhalb des Kernes verläuft und im Bereich des Luftspaltes aus dem Kern austritt. Ein magnetisch aktiver Teil eines Ankers, der beispielsweise ferromagnetisch unmagnetisiert oder magnetisiert, insbesondere dauermagnetisiert in einer Richtung antiparallel zu der Richtung des magnetischen Flusses der Spule ist, wird zum Spuleninneren hin beschleunigt.
- 25
- 30 Ein Magnet, dessen innerer magnetischer Fluß parallel zum Fluß der Spule ausgerichtet ist, wird aus dem Inneren der Spule heraus abgestoßen. Dieser Effekt wird zum Antrieb des Ankers ausgenutzt.

Insbesondere dann, wenn der magnetisch aktive Teil ferromagnetisch oder als Dauermagnet in antiparalleler Richtung zu der Axialrichtung magnetisiert ist, kann der magnetische Li-
5 nearantrieb vorteilhaft als Schalterantrieb für einen elektrischen Schalter, beispielsweise einen Hochspannungsleistungsschalter oder einen Vakuumschalter, verwendet werden.

10 Befindet sich der Anker in einer Endposition seiner Bewegungsbahn derart, daß beim Einschalten des Spulenstromes der magnetische Fluß der Spule zu einem geringen Anteil durch den magnetisch aktiven Teil hindurchtritt, so führt dies dazu, daß der Anker zur Spulenmitte hin beschleunigt wird, bis ein maximaler Teil des magnetischen Flusses der Spule durch den
15 magnetisch aktiven Teil hindurchtritt. Während der Bewegung des Ankers wird der Stromfluß durch die Spule mittels einer Steuereinrichtung unterbrochen, so daß der Anker aufgrund seiner dynamischen Energie und der dynamischen Energie der angetriebenen Massen sich über die Spule hinaus weiter be-
20 wegt, ohne daß der magnetische Fluß der Spule durch die Einwirkung auf den magnetisch aktiven Teil den Anker abbremsen kann.

Auf diese Weise ist eine optimale Beschleunigung des Ankers
25 zu Beginn der Bewegung gewährleistet.

Ein gewünschtes Beschleunigungsprofil des Ankers kann beispielsweise dadurch erreicht werden, daß der Luftspalt zwischen dem Kern und der Bewegungsbahn des magnetisch aktiven
30 Teils entlang der Bewegungsbahn unterschiedlich breit ausgebildet wird. Je geringer der Luftspalt in einem bestimmten Bereich entlang der Bewegungsbahn ist, desto größer ist die Kraftwirkung auf den Anker in diesem Bereich.

Mit dem Anker ist beispielsweise eine Antriebsstange eines elektrischen Schalters verbunden, die ihrerseits einen Schaltkontakt einer Unterbrechereinheit antreibt.

5

Mechanische Anschläge können im Bereich der Schaltstange oder im Bereich des Linearantriebs selbst realisiert sein.

Eine vorteilhafte Ausgestaltung der Erfindung sieht vor, daß
10 der magnetisch aktive Teil magnetisiert ist und daß in wenigstens einer Endposition des magnetisch aktiven Teils dieser wenigstens teilweise derart im Bereich eines außerhalb der Spule angeordneten Jochkörpers angeordnet ist, daß der aus dem elektrisch aktiven Teil aus- oder in diesen eintretende
15 magnetische Fluß wenigstens zum Teil unmittelbar durch eine dem magnetisch aktiven Teil zugewandte Begrenzungsfläche des Jochkörpers hindurchtritt.

Die Begrenzungsfläche ist vorteilhaft im wesentlichen senkrecht zu der Axialrichtung ausgerichtet.
20

Für den Fall, daß der magnetisch aktive Teil magnetisiert, beispielsweise als Elektromagnet, oder dauermagnetisiert ist, hat der magnetische Fluß des magnetisch aktiven Teils die
25 Tendenz, einen Luftspalt zu einem benachbart angeordneten Jochkörper möglichst zu verringern.

Im Endbereich der Bewegungsbahn des Ankers ist wenigstens ein Jochkörper angeordnet, in den der magnetische Fluß des magnetisch aktiven Teils wenigstens auf einem Teil der Länge des
30 magnetisch aktiven Teils eintreten kann.

5

Auf den Anker findet somit eine Kraftwirkung statt, die bestrebt ist, eine möglichst große Überlappung zwischen dem magnetisch aktiven Teil und dem Jochkörper zu erzeugen derart, daß möglichst der gesamte magnetische Fluß des magnetisch aktiven Teils in den Jochkörper durch eine möglichst senkrecht zu der Axialrichtung angeordnete Begrenzungsfläche eintreten kann. Die Kraftwirkung in Richtung der Bewegungsbahn des Ankers ist im wesentlichen unabhängig davon, wie weit der magnetisch aktive Teil und der Jochkörper überlappen.

10

Hierdurch ist eine von der Stellung des Ankers im Endbereich der Bewegung im wesentlichen unabhängige Haltekraft realisiert, die den Anker in einer seiner Endpositionen hält.

15 Eine derartige Anordnung kann vorteilhaft für beide Endpositionen des magnetisch aktiven Teils bzw. des Ankers realisiert sein.

Eine weitere vorteilhafte Ausgestaltung der Erfindung sieht
20 vor, daß der Spule bezüglich der Bewegungsbahn des magnetisch aktiven Teils eine zweite Spule gegenüberliegt, die mit einem Strom in demselben Richtungssinn wie die erste Spule beaufschlagbar ist.

25 Durch zwei in der dargestellten Weise kombinierte Spulen ist ein entsprechend größerer magnetischer Fluß erzeugbar, was zu einer größeren potentiellen Beschleunigung des Ankers führt.

Außerdem kann vorgesehen sein, daß die erste und die zweite
30 Spule in Bewegungsrichtung des Ankers gegeneinander versetzt sind.

Durch einen derartigen Versatz der Spulen in Bewegungsrichtung des Ankers gegeneinander kann ein bestimmtes Beschleunigungsprofil entlang der Bewegungsbahn erreicht werden.

- 5 Es kann auch vorgesehen sein, daß jede der Spulen für jeweils eine der Bewegungsrichtungen des Ankers genutzt wird.

Außerdem kann vorteilhaft vorgesehen sein, daß zwei Jochkörper vorgesehen sind, die einander bezüglich der Bewegungsbahn des magnetisch aktiven Teils gegenüberliegen und die zwischen sich Luftspalte bilden, die wenigstens teilweise von der Bewegungsbahn des magnetisch aktiven Teils durchsetzt sind.

Durch einen weiteren Jochkörper, der dem ersten Jochkörper bezüglich der Bewegungsbahn des magnetisch aktiven Teils gegenüberliegt, wird der magnetische Kreis sowohl für den Fluß durch die Spule als auch für den Fluß des magnetisch aktiven Teils in jeder der Endpositionen geschlossen, so daß jeweils eine große Kraftwirkung sowohl für die Beschleunigung als auch für die Haltekraft in den Endpositionen erreicht wird.

Eine weitere vorteilhafte Ausgestaltung der Erfindung sieht vor, in der Steuerungseinrichtung mehrere aufladbare und fallweise gemeinsam oder alternativ mit der Spule verbindbare Ladekondensatoren vorgesehen sind.

Die verschiedenen Ladekondensatoren können für unterschiedliche Schaltfälle (beispielsweise unterschiedliche Belastungsfälle eines anzutreibenden Leistungsschalters) oder unterschiedlich für eine Ein- und Ausschaltung genutzt werden.

Die Erfindung bezieht sich außerdem auf ein Verfahren zum Betrieb eines magnetischen Linearantriebs, bei dem vorgesehen

ist, daß die Spule zum Antrieb des Ankers in verschiedene Richtungen jeweils mit einem Strom gleicher Richtung beaufschlagt wird.

- 5 Gleich in welcher Endposition sich der Anker bzw. der magnetisch aktive Teil befindet, wird er bei Erzeugung eines magnetischen Flusses im Inneren der Spule zum Spuleninneren hin beschleunigt. Wird der Strom durch die Spule rechtzeitig unterbrochen, so bewegt sich der Anker bis zu der jeweils anderen Endposition. Dies vereinfacht die Ansteuerung der Spule beträchtlich.

Das erfindungsgemäße Verfahren kann vorteilhaft dadurch ausgestaltet werden, daß die Beaufschlagung mit einem Strom beendet wird, bevor das magnetisch aktive Teil seine Endposition erreicht hat.

Eine weitere vorteilhafte Ausgestaltung sieht vor, daß der Stromfluß durch die Spule unterbrochen wird, sobald aufgrund eines elektrischen Schwingungsvorgangs die Speisespannung ihr Vorzeichen umkehrt.

Da die Spule eine elektrische Induktivität sowie einen ohmschen Widerstand darstellt und im Normalfall durch eine Kapazität gespeist wird, ergibt sich ein elektrischer Schwingkreis in der Ansteuerung des Linearantriebs. Dies führt zur Entstehung einer elektrischen Schwingung, so daß die an der Spule anliegende Speisespannung irgendwann ihr Vorzeichen umkehrt.

30

Dies würde eine Umkehrung des magnetischen Flusses bedeuten, was eine Umkehrung der magnetischen Kraftwirkung auf den magnetisch aktiven Teil bedeuten würde, die ungewollt ist. Da-

her wird vorteilhaft die Speisespannung überwacht und der Stromfluß durch die Spule unterbrochen, sobald die Speisespannung ihr Vorzeichen umkehrt.

- 5 Es kann auch vorteilhaft vorgesehen sein, daß der Stromfluß zu einem Ladekondensator umgeleitet wird, sobald die Speisespannung aufgrund eines elektrischen Schwingungsvorgangs ihr Vorzeichen umkehrt.

- 10 Im folgenden wird die Erfindung anhand eines Ausführungsbeispiels in einer Zeichnung gezeigt und anschließend beschrieben.

Dabei zeigt

- 15 Figur 1 schematisch im Querschnitt den magnetischen Linearantrieb,
Figur 2 eine Ansteuerungsschaltung für die Spule des Linearantriebs und
Figur 3 schematisch die Energieversorgung für den Linearan-
20 trieb.

- In der Figur 1 ist ein magnetischer Linearantrieb dargestellt, mit einem Anker 1, der aus einem Stab 2 aus glasfaserverstärktem Kunststoff und einem magnetisch aktiven Teil 3
25 aus einem Dauermagnetischem Werkstoff besteht und an den an einem Ende eine Schaltstange 4 angekoppelt ist, die nur schematisch dargestellt und mit einem antreibbaren Schaltkontakt 5 der Unterbrechereinheit eines Hochspannungsleistungsschalters verbunden ist. Der Linearantrieb erzeugt Bewegungen in
30 Richtung des Doppelpfeiles 6.

Der Anker 1 bewegt sich in dem Luftspalt 7 zwischen einem ersten Jochkörper 8 und einem zweiten Jochkörper 9, die ein-

ander bezüglich der Bewegungsbahn des Ankers 1 spiegelbildlich gegenüberliegen.

Jeder der Jochkörper weist eine ringförmige Ausnehmung auf,
5 in die jeweils eine Spule 10, 11 eingebracht ist. Die Spulen 10, 11 sind jeweils mit elektrischen Anschlüssen versehen und mittels einer Steuereinrichtung mit einem Strom beaufschlagbar.

10 Wird wenigstens eine der Spulen 10, 11 mit einem Strom beaufschlagt, so ist beispielsweise die Stromrichtung derart, daß im oberen Teil der Spule 10 der Strom in die Zeichenebene hineinläuft und im unteren Teil der Spule der Strom aus der Zeichenebene austritt wie durch den Punkt 12 veranschau-
15 licht wird.

Hierdurch wird ein magnetischer Fluß in der Axialrichtung 34 erzeugt, der durch die Pfeile 13 dargestellt ist und der durch einen ersten Kern 14 des ersten Jochkörpers 8 innerhalb
20 der Spule 10 und durch einen zweiten Kern 15 des zweiten Jochkörpers 9 innerhalb der Spule 11 hindurchtritt.

In der dargestellten Endposition des Ankers, in der dieser in nicht dargestellter Weise an einem mechanischen Anschlag
25 ruht, tritt bereits ein Teil 16 des magnetischen Flusses 13 der Spulen 10, 11 durch einen Randbereich des magnetisch aktiven Teils 3 des Ankers hindurch.

Der übrige Teil des magnetischen Flusses 13 der Spulen 10, 11
30 muß den breiten Luftspalt zwischen den Kernen 14, 15 überwinden, der durch den GFK-Körper des Ankers 1 nicht überbrückt wird.

10

Demgemäß hat der magnetische Fluß die Tendenz, den magnetisch aktiven Teil 3 in der Darstellung nach unten zu beschleunigen, so daß der magnetische Fluß 13 der Spulen 10, 11 auf einer möglichst großen Länge des magnetisch aktiven Teils 3 durch diesen hindurchtritt und antiparallel zu dem im Inneren des magnetisch aktiven Teils 3 herrschenden magnetischen Fluß 17 verläuft.

Wenn der magnetisch aktive Teil 3 etwa in der Mitte der Spulen 10, 11 angekommen ist, wird der Stromfluß durch die Spulen 10, 11 unterbrochen, um ein Abbremsen des magnetischen Teils beim Austritt aus dem Fluß 13 der Spulen 10, 11 zu verhindern.

Der Anker bewegt sich aufgrund der dynamischen Energie weiter, bis daß eine zweite, gestrichelt dargestellte Endposition 36 des magnetisch aktiven Teils 3 erreicht ist.

In dem Bewegungsbereich vor Erreichen der Endposition hat der magnetische Fluß 17 innerhalb des magnetisch aktiven Teils 3 das Bestreben, über einen möglichst geringen Luftspalt in einen der Jochkörper 8, 9 ein und aus diesem wieder auszutreten.

Die auf den Anker in seinen Endpositionen wirkenden Haltekräfte werden anhand der in der Figur 1 dargestellten oberen Endposition beschrieben.

Wenn der Stromfluß durch die Spulen 10, 11 unterbrochen ist, entfällt der magnetische Fluß 13.

Ein Teil des magnetischen Flusses 17 im Inneren des magnetisch aktiven Teils 3 kann unmittelbar in den Jochkörper 8

11

durch die Begrenzungsfläche 35 eintreten, wobei der Fluß über den zweiten Jochkörper 9 unter Zwischenschaltung der unvermeidbaren Luftspalte geschlossen wird, so daß von dort der magnetische Fluß wieder in den magnetisch aktiven Teil 3 eintreten kann.

Die Teile 18 des magnetischen Flusses in dem magnetisch aktiven Teil 3, die in Höhe einer Spulenwicklung 10, 11 liegen, müssen einen breiten Luftspalt überwinden, um in einen Jochkörper 8 einzutreten. Daher besteht in der dargestellten Konstellation das Bestreben, den magnetisch aktiven Teil 3 weiter nach oben zu bewegen, um eine möglichst große Überlappung der Länge des magnetisch aktiven Teils 3 mit dem Teil des Jochkörpers 8 oberhalb der Spule 10 zu erreichen.

15

Die magnetische Kraftwirkung auf den Anker 1 ist hierbei weitgehend unabhängig davon, wie weit der magnetisch aktive Teil 3 mit dem Teil des Jochkörpers 8 oberhalb der Spule 10 bereits überlappt. Daher ist die Haltekraft auf den Anker in der Endposition weitgehend unabhängig von mechanischen Toleranzen.

20

Entsprechendes gilt für die andere, gestrichelt dargestellte Endposition des Ankers.

25

In der Figur 1 ist außerdem dargestellt, daß beide Jochkörper 8, 9 im Bereich der Kerne 14, 15 entlang der Bewegungsbahn des magnetisch aktiven Teils derart profiliert sind, daß der Luftspalt zwischen dem Anker 3 und den Jochkörpern 8, 9 nach oben hin breiter wird. Dies bedeutet, daß die Kraftwirkung auf den magnetisch aktiven Teil 3 während dessen Bewegungen nach oben abnimmt. Auf diese Weise kann beim Ausschalten der Unterbrechereinheit zum Anfang der Bewegung eine hohe Be-

30

12

schleunigung und zu deren Ende hin eine schwächer werdende Beschleunigung erreicht werden. Außerdem ist denkbar, daß beispielsweise die zweite Spule 11 gegenüber der ersten Spule 10 nach unten entlang der Bewegungsbahn des Ankers 1 versetzt ist, so daß bei einem Ausschaltvorgang, d. h. einer Bewegung des Ankers 1 von unten nach oben, zunächst die zweite Spule 11 die Hauptlast der Beschleunigung tragen würde und später die erste Spule 10.

10 Auch hierdurch läßt sich eine bestimmte Profilierung der Beschleunigung erreichen.

In der Figur 2 ist eine Ansteuerschaltung gezeigt, mit einem Ladekondensator 19, der über einen ersten IGBT (insulated-
15 gate bipolar Transistor) 20 und einen zweiten IGBT 21 mit der Spule 22 innerhalb des magnetischen Linearantriebs verbindbar ist. Mit 23 ist der ohmsche Widerstand der Spule 22 und ihrer Zuleitungen symbolisch bezeichnet.

20 Werden die IGBT's 20, 21 durchgeschaltet, so fließt ein Strom durch die Spule 22 in Richtung des mit 24 bezeichneten Pfeiles. Dieser fließt durch den ersten IGBT 20 und weiter entlang der Pfeile 25, 26, 27.

25 Entlädt sich der Kondensator 19, so sinkt die Spannung an der Spule 22 und es wird dort eine Gegenspannung induziert, die bestrebt ist, die Stromstärke des Stromes 24 aufrecht zu erhalten. Die Gegenspannung an der Spule 22 ist der Speisespannung entgegengesetzt, so daß sich ein Spannungsulldurchgang
30 ergibt. Zu diesem Zeitpunkt werden die IGBT's 21, 22 ausgeschaltet, d. h. sie sperren den Strom.

13

Der durch die Spannung innerhalb der Spule 22 induzierte Strom fließt über die Dioden 28, 29 in Richtung des Pfeiles 30 zu dem Kondensator 19 zurück und lädt diesen teilweise wieder auf. Dadurch wird Energie beim Betrieb des Linearantriebs gespart, was insbesondere dann von Bedeutung ist, wenn ein mit diesem angetriebener Hochspannungsschalter im Notbetrieb mittels Batterien betrieben werden muß.

Die Figur 3 zeigt schematisch die Energieversorgung eines Linearantriebs über drei unterschiedliche Ansteuerungseinheiten 31, 32, 33, von denen jede einen eigenen Ladekondensator aufweist, wobei die Ladekondensatoren unterschiedliche Kapazitäten haben können. Hierdurch wird für unterschiedliche Schaltfälle jeweils eine unterschiedliche Energiemenge in Form von in den Ladekondensatoren gespeicherter elektrischer Feldenergie zur Verfügung gestellt.

Die unterschiedlichen Ansteuerungen 31, 32, 33 können auch für schnell aufeinander folgende Aus-Ein-Aus-Schaltungen genutzt werden

Patentansprüche

1. Magnetischer Linearantrieb, insbesondere für einen elektrischen Schalter, mit einer mit einem Strom beaufschlagbaren Spule (10,11), in deren Innerem durch den Strom in einer Axialrichtung (34) ein magnetischer Fluß (13) erzeugbar ist, mit einem Anker (1), der ausschließlich senkrecht zu der Axialrichtung (34) beweglich ist und der einen magnetisch aktiven Teil (3) aufweist, dessen Bewegungsbahn durch einen Luftspalt (7) innerhalb eines die Spule (10,11) durchsetzenden Kernes (14,15) hindurch oder an einer Stirnseite des Kernes (14,15) vorbeiführt, wobei der magnetisch aktive Teil (3) unmagnetisiert ist oder derart magnetisiert ist, daß der magnetische Fluß (17) innerhalb des magnetisch aktiven Teils (3) parallel oder antiparallel zu der Axialrichtung (34) verläuft.

2. Magnetischer Linearantrieb nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß der magnetisch aktive Teil (3) magnetisiert ist und daß in wenigstens einer Endposition des magnetisch aktiven Teils (3) dieser wenigstens teilweise derart im Bereich eines außerhalb der Spule angeordneten Jochkörpers (8,9) angeordnet ist, daß der aus dem elektrisch aktiven Teil (3) aus- oder in diesen eintretende magnetische Fluß (17) wenigstens zum Teil unmittelbar durch eine dem magnetisch aktiven Teil zugewandte Begrenzungsfläche (35) des Jochkörpers hindurchtritt.

3. Magnetischer Linearantrieb nach einem der Ansprüche 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Spule (10) bezüglich der Bewegungsbahn des magnetisch aktiven Teils (3) eine zweite Spule (11) gegenüberliegt, die

15

mit der ersten Spule (10) mit einem Strom in demselben Richtungssinn wie die erste Spule (10) beaufschlagbar ist.

4. Magnetischer Linearantrieb nach Anspruch 1, 2 oder 3,

5 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , d a ß
die erste und die zweite Spule (10,11) in Bewegungsrichtung des Ankers (1) gegeneinander versetzt sind.

10 5. Magnetischer Linearantrieb nach einem der Ansprüche 1 bis 4,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , d a ß
zwei Jochkörper (8,9) vorgesehen sind, die einander bezüglich der Bewegungsbahn des magnetisch aktiven Teils (3) gegenüberliegen und die zwischen sich Luftspalte (7) bilden, die wenigstens teilweise von der Bewegungsbahn des magnetisch aktiven Teils (3) durchsetzt sind.

6. Magnetischer Linearantrieb nach einem der Ansprüche 1 bis 5 mit einer Steuerungseinrichtung ,

20 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , d a ß
in der Steuerungseinrichtung (31,32,33) mehrere aufladbare und fallweise gemeinsam oder alternativ mit einer Spule verbindbare Ladekondensatoren (19) vorgesehen sind.

25 7. Verfahren zum Betrieb eines magnetischen Linearantriebs nach Anspruch 1,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , d a ß
die Spule (10,11) zum Antrieb des Ankers (1) in verschiedene Richtungen jeweils mit einem Strom gleicher Richtung beaufschlagt wird.

8. Verfahren nach Anspruch 7,

16

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß
die Beaufschlagung mit einem Strom beendet wird, bevor das
magnetisch aktive Teil (3) seine Endposition erreicht hat.

5 9 Verfahren nach Anspruch 8,

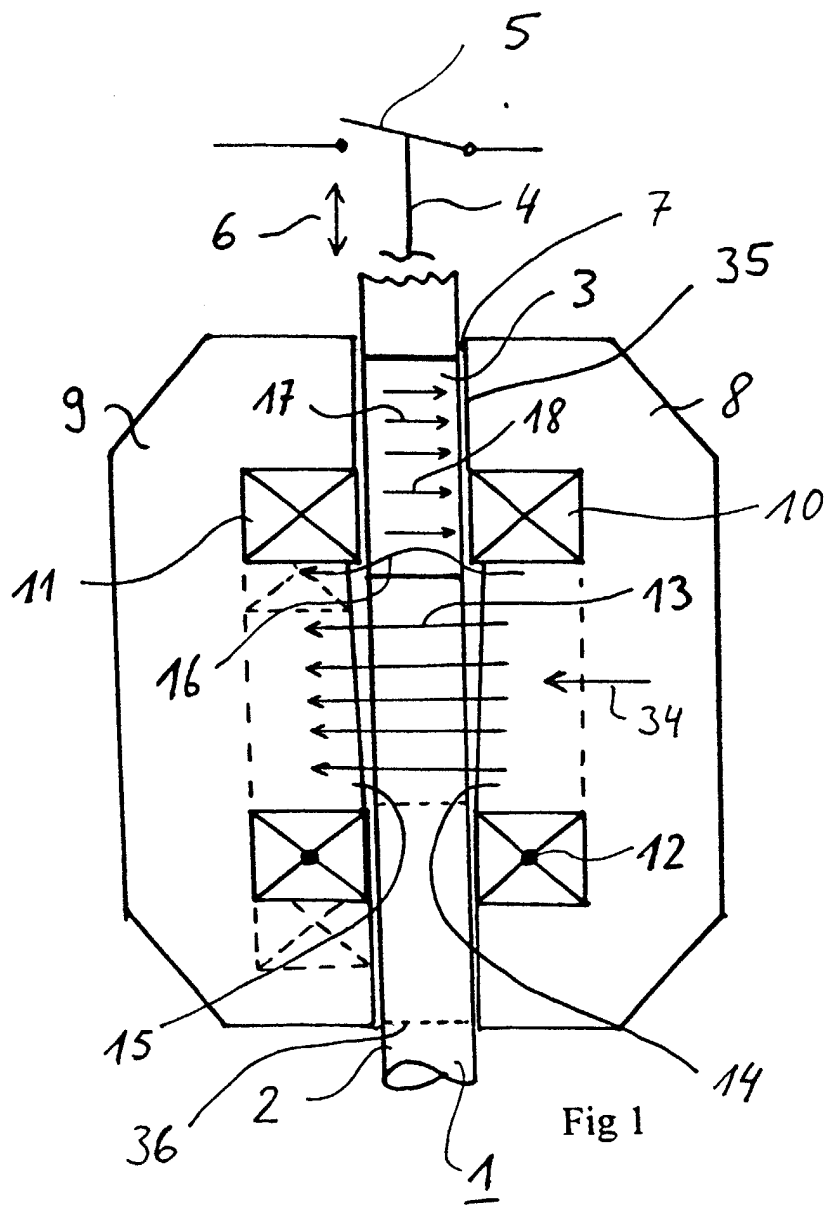
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß
der Stromfluß durch die Spule (10,11) unterbrochen wird, so-
bald aufgrund eines elektrischen Schwingungsvorgangs die
Speisespannung ihr Vorzeichen umkehrt.

10

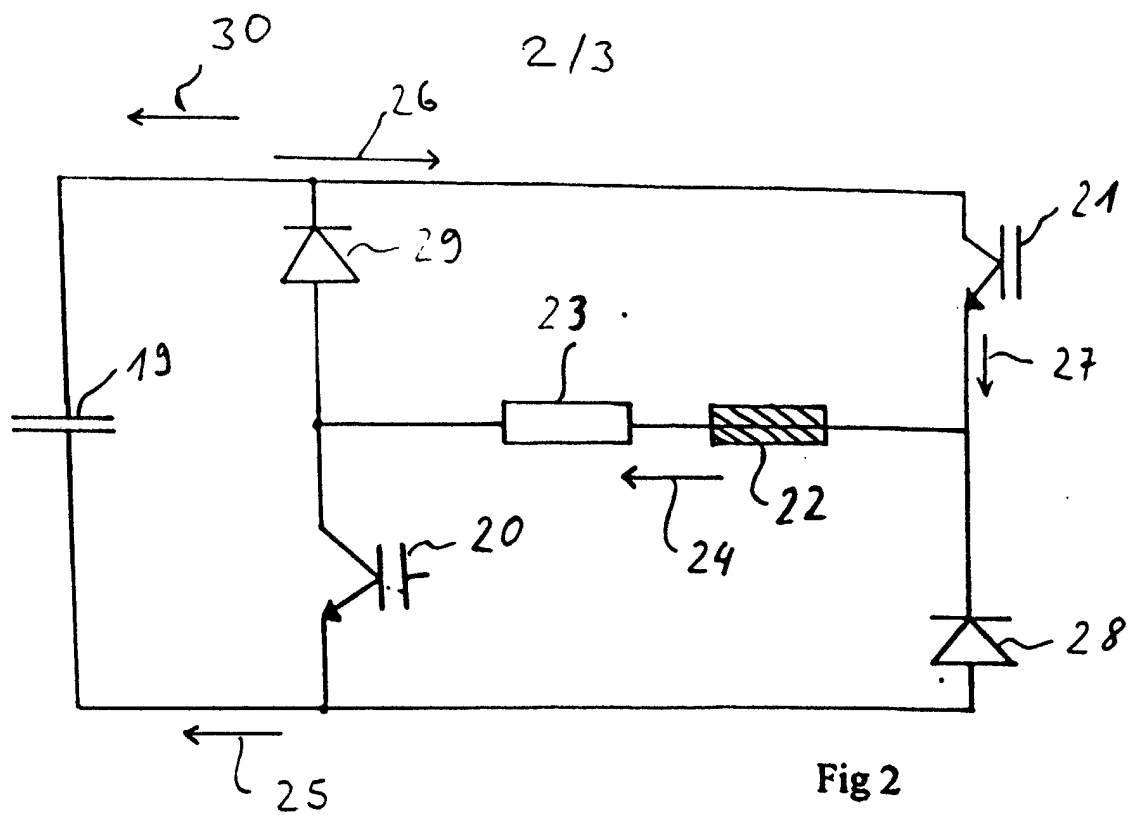
10. Verfahren nach Anspruch 8,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß
der Stromfluß zu einem Ladekondensator (19) umgeleitet wird,
sobald die Speisespannung aufgrund eines elektrischen Schwin-
gungsvorgangs ihr Vorzeichen umkehrt.

15



99 P 8 5 3 6



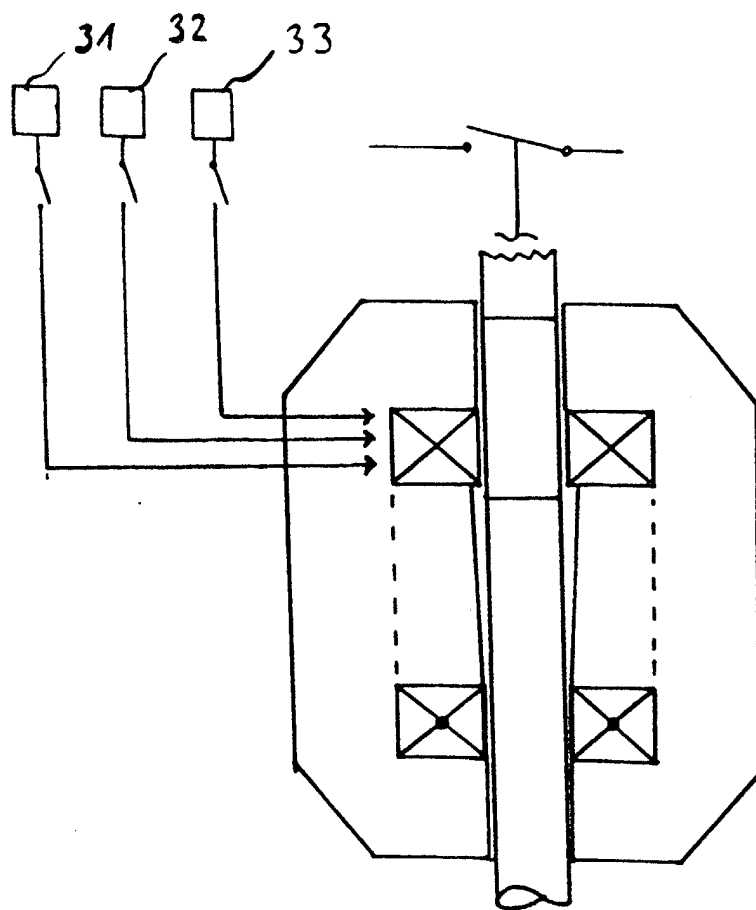


Fig 3